

연구논문

미얀마 네피도 지역의 도시개발로 인한 토지피복변화 탐지 및 산림파편화 분석

공인혜* · 백경혜* · 이동근**

서울대학교 대학원*, 서울대학교 조경·지역시스템공학부**

(2013년 1월 7일 접수, 2013년 2월 18일 승인)

Land cover change and forest fragmentation analysis for Naypyidaw, Myanmar

Kong, In-hye* · Baek, Gyoung-hye* · Lee, Dong-kun**

Graduate School, Seoul National University*

Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University**

(Manuscript received 7 January 2013; accepted 18 February 2013)

Abstract

Myanmar(Burma) has been preserved valuable environmental resources because of its political isolation. But recently, Myanmar has moved a capital city(Naypyidaw) at central forest area and it has been urbanized radically since 2005.

In this paper, we built multi-temporal land cover map from Landsat images of 1970s to 2012 with ENVI 4.5 software. For a broad approach, administrative district Yamethin which includes Naypyidaw is classified into 3 classes and with only Naypyidaw region is classified with 4-5 classes to analyse specific changes. And with forest cover extracted by Object Oriented Classification, we evaluated forest fragmentation before and after the development using Patch Analyst(FRAGSTATs 3.3) at Yamethin area.

For Yamethin area, there were significant forest cover change, 51% in 1999 to 48% in 2012, and for Naypyidaw area, 67% in 1999 to 57% in 2012 respectively. Also landscape indices resulted from Patch Analyst concluded that the total edge, edge density and mean shaped index of forest patches increased and total core area is decreased. It is attributed from land cover change with urbanization and agricultural land expansion.

Keywords : Land use change, urbanization, forest fragmentation, landsat

I. 서론

2005년 미얀마는 정치적·군사적 목적으로 수도를 중부내륙의 산림지로 옮기고 네피도라고 명명하면서 대규모의 도시개발을 시작하였다. 네피도는 전 세계적으로 가장 빠르게 성장하고 있는 도시 상위 10개 중 하나로 지목되고 있지만(CNN, 2011) 공식적인 도시개발계획 작성의 목표연도는 2012년으로 알려져 있어(Marshall Cavendish Corporation, 2007), 개발 착수 후 도시계획을 세우는 측면에서 다소 계획적이지 못한 개발과 우선적인 개발정책으로 인해 환경보전계획 역시 미흡할 것으로 우려된다. 그리고 네피도 주변은 산지로 둘러싸여있어 도시 확장에 따른 직접적인 산림지의 전환이 예상되며, 특히 인접한 산림은 계절풍림(tropical dry-forest; monsoon forest)으로 열대우림에 비해 상대적으로 가치가 낮게 평가되면서 개발압력에 쉽게 노출되어있다. 그러나 산림은 수원함양기능, 정수기능, 토사유출 방지, 대기정화기능 등의 역할을 하는 것으로 알려져 있으며 특히 도시 주변의 산림녹지는 도시 내에 다양한 생태계 서비스를 제공한다고 알려져 있다(MEA, 2005).

도시개발 등으로 인한 토지피복/토지이용변화 분석은 시간에 따라 변화하는 정보를 시계열적 접근을 통해 분석하는데, 다시기·시계열적 접근 및 광범위한 지역을 다루는 특성 때문에 많은 연구에서 위성영상을 통한 접근을 시도하고 있다(김광래·이종성, 1998; Songer *et al.*, 2009; Pham and Yamaguchi, 2011). 특히 토지이용변화로 인한 영향에 취약하고 중요한 요소가 산림지역에 대한 파편화현상이다. 산림파편화에 대한 정의는 일반적으로 산림면적이 감소하거나 하나의 산림이 두 개 이상으로 분리되는 과정이라고 정의되며, 구조와 기능을 동시에 고려하는 측면에서는 서식공간을 감소·고립화시키며 가장자리 효과에 의한 영향을 증가시키는 역동적인 생태학적 과정이라고 정의하고 있다(김은영 등, 2012). 산림 파편화는 일차적으로 산림면적 및 형태의 변화를 유발하지만 이에 따른 고립도 증가, 개체군 감소, 가장자리효과 증가, 외

부변화에 대응할 수 있는 능력의 저하, 산림기능의 저하 등 다양한 부차적 결과를 유발하며 결국 원래의 생태적 환경 및 기능을 변화시킨다.

본 연구에서는 급격하게 성장 중인 미얀마의 신수도 네피도를 대상으로 중부산림지대의 도시개발 계획에 따른 토지이용변화를 살펴보고, 그에 따른 산림파편화 현황을 분석하여 해당 지역의 적절한 산림보전계획을 수립할 수 있는 기초자료를 제시하고자 한다.

II. 연구 범위

미얀마는 동남아시아 인도차이나반도의 서북쪽에 위치하는 국가로 국토면적은 676,578km²이며 GDP는 \$83,740,000(2011)으로 농업이 38.2%, 서비스업이 43.6%, 산업이 18.2%를 차지한다. 인구는 1985년 3700만 명에서 2005년 5300만 명, 2012년 5458만 명으로 지속적으로 증가하고 있다(CIA factbook, 2012). 본 연구의 대상지 네피도(Naypyidaw)는 미얀마 중부산림지대에 위치하며 기존 수도 양곤으로부터 북쪽으로 320km 떨어져 있다(Wikipedia). 네피도 주변은 대부분 농경지로서, 왼쪽은 계절풍림과 관목지로 이루어진 바고(Bago Yoma)산맥의 북쪽경계부이며, 오른쪽은 상록활엽수 등으로 이루어진 고도가 높은 산(Shan Yoma)산맥이 남북으로 위치한다. 네피도의 천도는 군사적·행정적 목적으로 이루어졌으며 정부 주도 하에 거의 모든 행정 공무원이 2005-6년 사이에 급격하게 이주하였다. 이에 따라 수많은 공공건물, 공무원맨션, 공공노동자의 숙소 등이 산재해있고, 지속적으로 넓은 도로와 큰 주택 개발이 이루어지고 있으며(장준영, 2011), 도시 주변으로 수력발전소와 댐이 만들어져 물과 전기가 안정적으로 공급된다. 네피도는 아직 인프라에 비해 인구가 적은 편이지만 미얀마 내에서는 양곤과 만달레이에 이어 세 번째로 많은 인구를 가진 도시이자, 2013년 동남아시아게임 주최가 예정되어있어 많은 호텔, 유원지 등을 비롯한 도시인프라가 활발히 건설 중이기 때문에 차후에도 지속적인 개발이 예상되는 곳

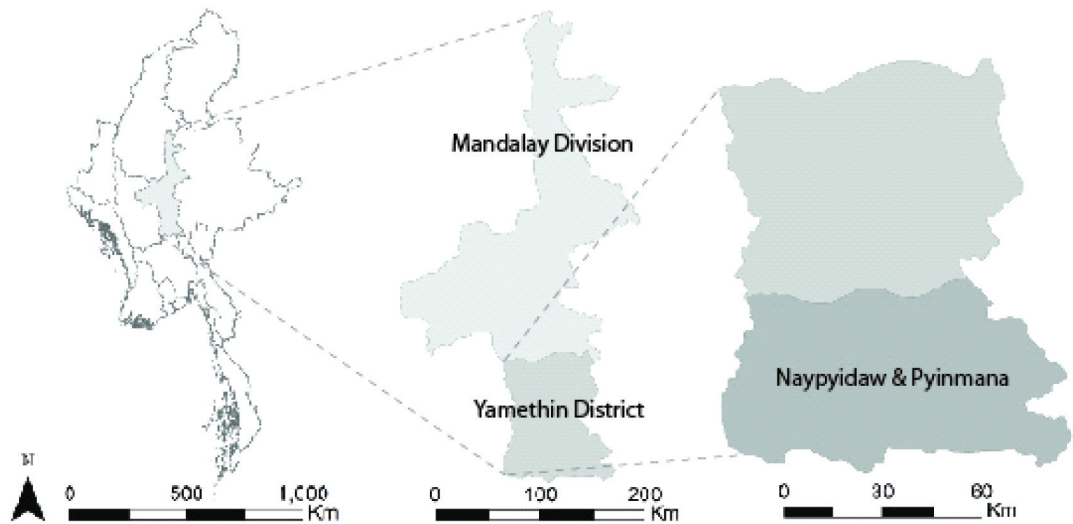


Figure 1. Scope of research

Table 1. Description of Landsat images analyzed in the research

WRS2	state / date		센서종류	Cloud cover
P142R46 P142R47 P143R046	1970s	1976.02.27	MSS	0%
		1974.01.05		
		1974.01.06		
P133R046	before urban development	1999.12.30	TM/ETM+	0%
		2003.02.24		0%
	after urban development	2006.01.31		0%
		2009.01.23		0%
		2012.02.01		0%
				0%

이다(CNN, 2013).

본 연구에서 다룰 대상지역은 두 가지로, 큰 범위의 분석에는 네피도를 포함하고 있는 큰 행정구역 야메틴(Yamethin) 지역, 작은 범위에서는 네피도와 그 주변지역을 포함하는 구역이다. 네피도는 수도로 지정되면서 독립적인 행정구역을 가지게 되었기 때문에 구(舊) 행정구역에서 네피도를 포함하는 행정구역을 선택하였다. 네피도는 위도 19.4 정도 96.0도에 위치하며, WRS2(World Reference system 2(TM, ETM+))로 Path 133, Row 46의 영상을 수집하였다.

또한 연구의 시간적 범위를 설정하기 위해서는, 대상지의 개발이 2005년경부터 이루어졌기 때문에 개발 전후를 비교할 수 있어야 하며, 연도뿐 아니라 분류에 적합한 계절적 시기를 고르는 것도 중요하

다. 미얀마는 10월에 우기가 끝나고 2월경에 건기가 시작하기 때문에 이 사이 시기에 영상을 선택하는 것이 산림의 변화 뿐 아니라 작물과 산림의 구별이 쉽다(Songer *et al.*, 2009). 따라서 원래의 산림 상태를 확인하기 위해 획득할 수 있는 가장 오래된 영상인 1970년대 영상을 수집하였고, 시계열적 토지피복변화를 확인하기 위해 1999년부터 약 3년 단위로 영상을 수집하였으며 모든 시기는 12~2월로 한정하였다(Table 1).

III. 연구 방법

위성영상은 연도와 계절, 그리고 영상의 윤량을

1) <http://glovis.usgs.gov>

고려하여 USGS 사이트¹⁾에서 Landsat 영상을 다운로드하였다. 이후 ENVI 4.5를 통해 기본적인 영상의 전처리를 시행하였다. Landsat 영상은 2006년부터 센서의 불량으로 불완전한 영상을 나타내는데 이를 landsat gap-fill 기능을 이용하여 삼각법으로 보정하였다. 이후 대상지인 야메틴(Yamethin) 지역, 네피도지역을 마스킹하여 토지이용분류를 실시하였다. 실제로 지역에 대한 확인이 이루어지지 않은 대상지를 상대로 분류를 할 때는 무감독분류가 원칙이나, 무감독분류를 실시한 결과 반복적으로 산림 음지와 수역부분이 동일하게 분류되어 이러한 오류를 피하기 위해 감독분류로 영상 분류를 시행하였다. 또한 각 영상별로 시기가 조금씩 상이하여 오분류를 범하는 것을 막기 위해 각 분류의 관심지역(Region of Interest, ROI)을 각 시기별로 동일한 지점의 객체로 설정하였다.

우선 야메틴(Yamethin) 지역을 대상으로 피복 변화에 대한 현황을 알아보기 위해 자연상태의 색깔을 나타내는 321조합으로 사전 육안판별을 실시하였다. 분류에 참고한 미얀마의 토지피복분류자료 및 MODIS 영상의 분류를 검토한 결과 크게 산림, 관목, 농경지, 물인 것을 바탕으로 하여, 본 연구에서 선정한 계절적 시기에서 분류가 가능한 요소들을 선정하였다. 그 결과 1970년대 영상부터 2012년 영상을 산림, 수역, 기타로 분류하여 대분류상의 토지이용변화를 확인하였다. 기타 분류는 마을, 농경지, 나지 등을 포함하는데, 대부분이 농경지로 이루어져 있다. 그러나 시기상 농경지와 나지를 구분하기 어렵고 마을은 나지와 산림지의 혼합되는 요소로 이루어져있어 이를 묶어서 분류하였다. 이어 네피도지역을 대상으로 세부분류를 실시하였는데, 이 지역이 크게 기존 핀마나(Pyinmana)시, 신 수도 네피도, 수도건설 후 만든 예진댐(Yezin Dam) 주변의 군부지역으로 나뉜다는 것을 고려하여 (Seekins, 2009) 사전 육안판별을 시행하였다. 1970년대 영상, 1999년, 2003년은 도시개발로 인한 시가화지역이 무시할 수 있을만한 수준이라고 판단하여 산림, 수역, 기타로 구분하였고, 2006, 2009, 2012년 영상은 도로 및 택지개발지를 구분

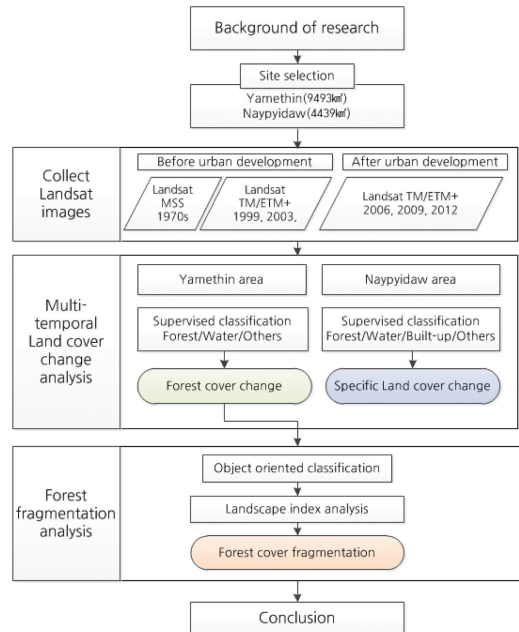


Figure 2. Flow of research

할 수 있어 도시화지역을 추가하여 분류작업을 시행하였다. 이후 1999년과 2012년을 대상으로 토지 이용분류별 변화분석을 실시하였다.

이후 야메틴(Yamethin)지역을 대상으로 개발전 후 산림의 변화분석을 위해 개발전후 영상의 계절적 동질성을 고려하여 같은 달의 2003년과 2012년을 대상으로 파편화분석을 시행하였다. 거대한 산맥의 특성상 하나의 독립된 산림을 대상으로 분석을 시행하기 어렵기 때문에 분석의 용이성 및 연구의 목적을 위해 야메틴 지역의 행정경계를 대상으로 분석을 실시하였다. 영상을 통한 토지이용분류 결과를 파편화분석에 적합한 패치로 전환하기 위해 eCognition developer 8.64를 사용하여 토지피복패치를 객체지향분류를 통해 객체형태로 추출하였다. 객체들에 대한 이질성의 허용치를 결정하는 축척변수(scale parameter), 축척변수가 참조하는 동질성 기준구성(Composition of the homogeneity criterion)인 형상계수(shape factor), 상대적 관계에 있는 조밀도(Compactness)는 여러 조합으로 시험해본 결과 각각 100, 0.2, 0.5로 하여 결과를 도출하였다. 이후에 Patch analyst(Fragstat 3.3 &

ArcGIS9.3)를 이용하여 산림지역의 변화를 다양한 경관지표를 통해 분석하였다.

IV. 연구 결과

1. 야메틴(Yamethin) 지역 토지피복변화

네피도를 포함하는 광역 경계인 야메틴 지역의 총 면적은 약 9493km²이며 산림, 수역, 기타로 분류한 결과는 Figure 3과 같다. 1970년대에는 산림이 62.53%를 차지하며 절반 이상을 점하고 있었으나 점진적으로 그 면적이 감소해 2012년에는 47.76%로 나타났다. 감소한 산림은 토지피복분류결과 및 Google map등의 외부자료를 이용하여 확인한 결과 주로 산림경계부의 농경지화, 택지개발로 인한 토지이용변화라고 판단할 수 있었다. 수역 면적은 강수량에 따라 호수나 강의 면적이 달라질 수 있는 점 때문에 해마다 변동성을 보이나, 수도 건설 전후인 2003에서 2006년으로 변화할 때 다른 시기와는 대조적으로 급격한 면적 증가를 보였다. 이는 도시를 개발하면서 전력의 수요, 농경지에 쓰이는 물을 충당하기 위한 저수지 또는 수력발전소 형태의 수역이 곳곳에 생겼기 때문이다.

2. 네피도(Naypyidaw) 지역 토지피복변화

천도로 인한 도시개발의 영향을 분석하기 위해 네피도와 그와 인접한 도시인 핀마나의 토지피복변화를 분류하였다. 대상지의 총 면적은 약 4439km²이다. 피복분류는 산림, 수역, 기타 지역으로 구분하였으며 개발 이후에는 시가화지역을 추가하였다. 이 지역의 산림은 지속적으로 감소하고 있었고, 2006년부터 확인할 수 있는 시가화지역은 2006년 0.75%에서 2009년 1.59%, 2012년 4.41%로 급격한 증가를 보였다. 수역 또한 저수지 및 댐 건설로 인해 꾸준히 증가하여 천도 이전에 비해 천도 직후 0.71%로 급증하였고 이후 2009년, 2012년에 각각 0.89%, 1.03%로 증가하는 것을 확인할 수 있다 (Figure 4).

네피도와 그 주변지역을 대상으로 천도 전후

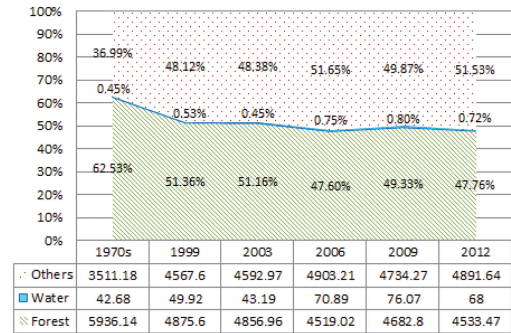


Figure 3. Multi-temporal land cover classification in Yamethin area(km²)

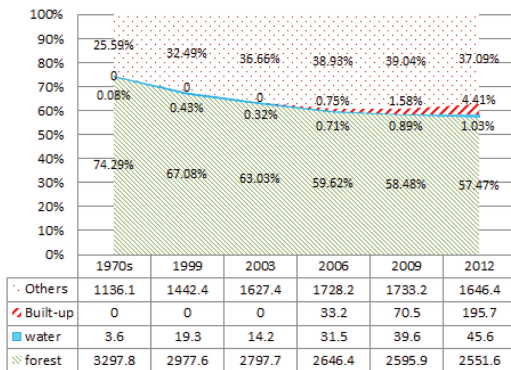


Figure 4. Multi-temporal land cover classification in Naypyidaw area(km²)

(1999년, 2012년)의 구체적인 토지피복별 변화양상을 분석한 결과는 Figure 5, Table 2와 같다. 우선 고도가 높은 우측의 산(Shan Yoma) 산보다 고도가 낮고 수도중심부가 위치한 왼쪽의 바고(Bago Yoma) 산의 변화가 더 넓고 활발하며, 산(Shan Yoma)산의 경우는 경계지에서 집중적으로 토지이용변화가 일어났음을 확인할 수 있다. 그리고 이 지역에서 천도 이후 많이 발생한 수역은 주로 산림지가 댐(Paung Laung Dam, Chaung Ma Gyi Dam), 저수지 등으로 전환된 것이 원인이었다.

천도 이후 형성된 많은 도시지역은 주로 이전에 농경지였음을 확인할 수 있으며(147.81km²) 부분적으로 산림지역이 도시지역으로 변화한 것도(48.82km²) 확인할 수 있다. 또한 산림지역은 도시화 뿐 아니라 차기도시개발을 위한 나지전환, 주민들의 경작지전환 등의 변화(464.63km²)가 많이 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

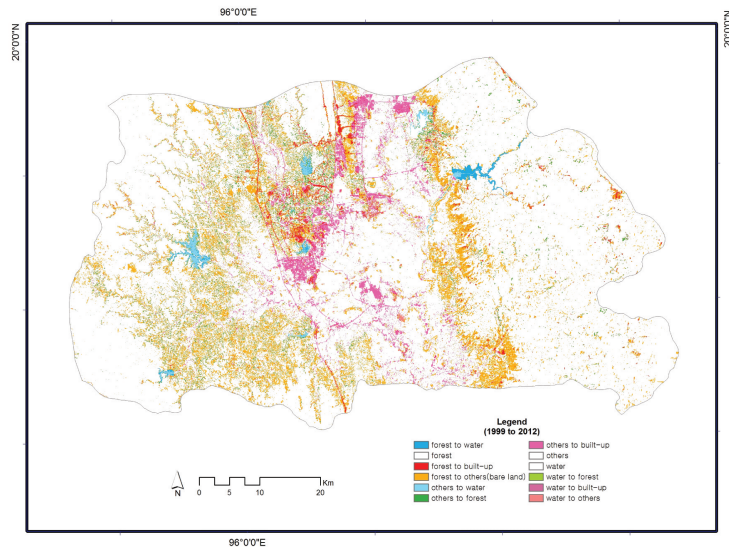


Figure 5. land cover change between 1999 and 2012

Table 2. land cover change between 1999 and 2012 (km²)

1999 \ 2012	forest	water	others
forest	2449.04	2.90	98.37
water	15.00	10.96	19.75
built-up	48.82	0.67	147.81
others	464.63	5.51	1174.43

3. 분류정확도 검증

Landsat으로 분류한 영상에 대한 분류정확도를 검증하기 위해 EU JRC(Joint Research Centre) GEM(Global Environmental Monitoring Unit)에서 제공하는 동남아시아 산림피복지도(1998-2000)(Stibig *et al.*, 2003)를 이용하여 본 연구의 1999년 야메틴 분류 결과와 비교하였다. GEM에서 제공하는 동남아시아 피복지도는 SPOT4-Vegetation 영상을 기반으로 구축되었으며 WGS84체계로 1km의 해상도를 가진다. GEM의 피복지도 중 야메틴지역을 마스킹했을 때 도출되는 9개의 분류를 산림, 수역, 농경지로 재분류하였으며, 1999년 야메틴 토지피복분류결과는 1km 해상도로 업스케일링한 뒤 두 데이터를 비교하였다. 이는 해당 지역의 실제 지표면 확인데이터(ground truth point data)를 구하기 어렵고, 참고자료가 부족한 상태에서 검증되

지 않은 ROI로 분류정확도를 검증하는 방법을 제외하고 가장 적절한 방법이라고 판단하였다. 비교 결과, 분류정확도는 83.56%로 나타났다. 그러나 이는 MODIS와 Landsat자료의 해상도 차이 및 시기상의 차이로 인한 분류오차 등으로 인한 한계가 있으며, 분류개수의 한계, 다시기적 정확도분류의 어려움 등이 있으므로 향후 현장데이터를 이용한 정확한 검증이 필요한 것으로 나타났다.

4. 산림파편화 분석

야메틴(Yamethin) 지역 토지피복 변화를 살펴보면, 산림의 면적이 점점 줄어들고 파편화됨을 확인할 수 있다. 이에 대해 구체적으로 산림 파편화를 분석하기 위해 앞서 야메틴 지역을 대상으로 분류한 자료 중 산림 패치만 추출하여 산림의 파편화분석을 시행하였다. 단, 바고 산은 경사가 완만하고 야메틴 지역이 바고(Bago)산의 끝부분에 위치하여 산림의 경계를 분명히 하기 어려우나 Maung and Yamamoto (2008), Hlaing(2012)을 참고하여 경계를 설정하였다.

개발 전인 2003년에는 산림패치가 크게 왼쪽의 바고 산(Bago Yoma)과 오른쪽의 산(Shan Yoma)으로 나뉘어져 있음을 알 수 있지만 개발된 후인

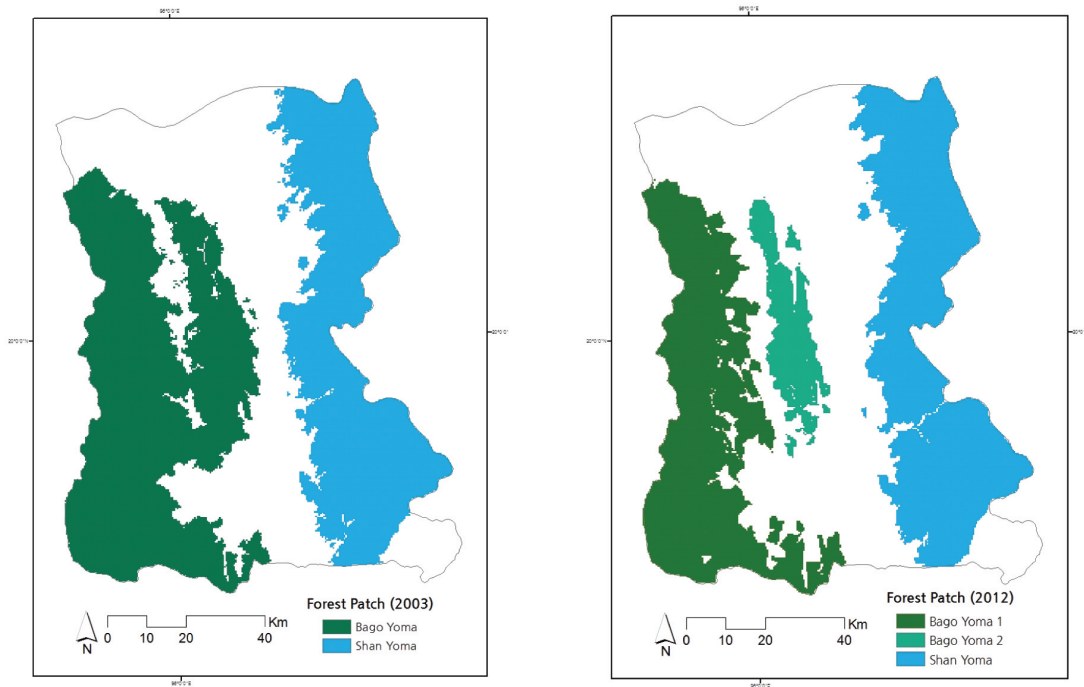


Figure 6. Forest patch change in 2003(left), 2012(right)

2012년에는 바고산의 산림패치가 두 조각으로 나뉜 것을 볼 수 있다(Figure 6). 이전의 분류결과를 참고하였을 때 네피도의 교통연결성을 위해 건설한 도로, 바고 산림 주변으로 팽창하는 네피도 개발지역, 고도가 낮은 산림지대의 지속적인 경작지전환 등으로 인해 산림이 파편화되었다고 판단하였다. 이를 Patch Analyst(FRAGSTATs 3.3)를 사용하여 대상지역 산림패치의 경관지수를 산출한 결과는 Figure 7~10과 같다.

개발 전 야메틴 지역의 주요 산림 패치는 바고 산과 산 산이었으나 개발 후에는 바고 산에서 패치가 두 개로 나뉘어졌으므로 원래 패치를 Bago 1, 분리된 패치를 Bago 2로 구성하였다.

TE(Total Edge)는 절대적인 수치로서 패치 가장자리의 총 길이를 의미한다. 개발 후에 모든 패치에서 가장자리 길이가 늘어났음을 확인할 수 있다. 특히 패치가 둘로 나뉘어진 바고(Bago) 1,2의 경우는 TE의 총합이 더욱 크게 증가하였음을 확인하였다. 그리고 개발 후 바고(Bago) 패치의 경우 나뉘어진 두 패치 중 큰 패치의 가장자리는 감소하였지만 작

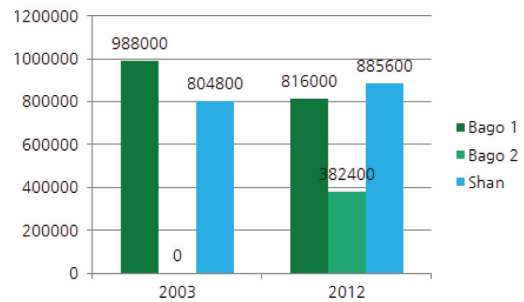


Figure 7. Total Edge Index

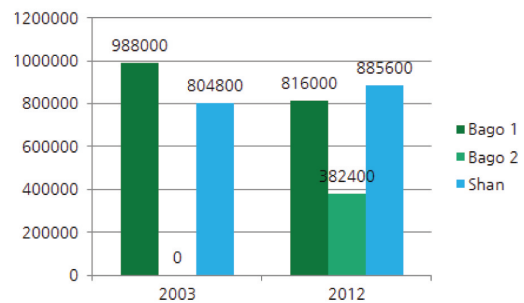


Figure 8. Edge Density

은 패치의 가장자리가 증가하면서 총 가장자리 면적이 늘어났음을 확인할 수 있다. ED(Edge density)

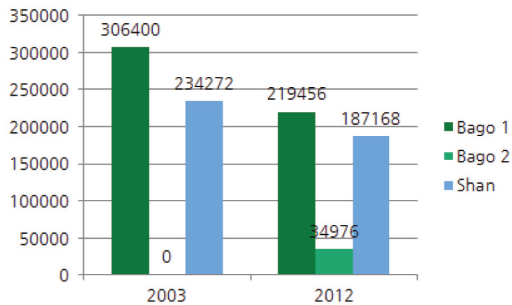


Figure 9. Total Core Area Index

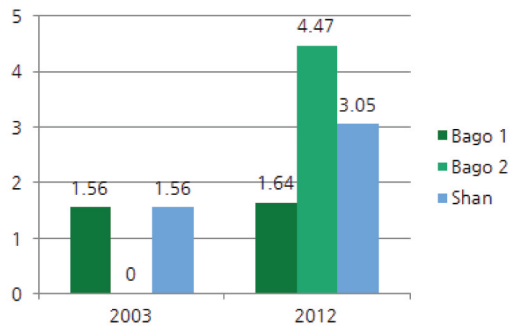


Figure 10. Mean Shaped Area Index

는 다양한 패치경관 사이의 비교를 위해 표준화된 지표로, 패치 가장자리 둘레를 면적으로 나눈 수치이다. 면적이 넓더라도 가장자리가 많으면 가장자리밀도가 증가한다. ED 역시 TE와 유사하게 전반적으로 증가하였고, 나누어 떨어진 Bago 2에서 더 큰 폭으로 수치가 증가한 것을 확인하였다.

TCA(Total Core Area)는 패치의 가장자리와 완충지역을 제외한 내부 지역을 의미한다. TCA는 개발 후에 모든 패치에서 감소를 확인할 수 있다. 특히 바고 산의 경우, 산림패치가 둘로 쪼개지고 난 뒤의 두 패치의 핵심지역의 총합이 개발 전의 원래 패치의 핵심지역 면적보다도 작아진 것을 확인할 수 있다. 즉, 산림이 파편화되면서 면적이 작아지면 가장자리효과로 인해 핵심지역이 작아진다.

MSI(Mean Shape Area Index)는 평균형태지수로 패치의 형태를 정량화한 것이다. 패치가 원인 경우의 가장자리길기와 내부면적을 표준으로 하여 현 패치의 복잡성을 계산한다. MSI가 증가하면 패치의 형태가 더욱 불규칙해지며 가장자리효과가 더욱 뚜렷해지는 것을 의미한다. 개발 전과 후를 비교

하면 모든 패치에서 MSI 지수가 증가하였음을 확인할 수 있다.

결과적으로 산림 가장자리 지역이 경작지, 저수지, 도시화로 인한 시가화지역 등으로 변하면서 패치의 가장자리가 늘어남에 따라 산림 형태가 불규칙하고 복잡해졌으며 내외부의 접촉 면적이 늘어 상호 물질교환이 활발해지며 패치 고유의 내부특성은 감소함을 의미한다.

V. 결론

전 세계적으로 확장·개발되고 있는 도시들은 공통적으로 각종 택지개발, 도로건설 등 개발사업으로 인한 토지피복변화 및 산림 파편화의 과정을 겪고 있으며, 특히 세계적으로 가치 있는 산림이 분포한 동남아시아 국가에서는 급격한 산업화·도시화 과정으로 인해 산림자원이 위협받고 있다. 특히 미얀마는 국토의 47%가 산림으로 이루어져있어(공영호 등, 2012) 이용 및 개발가능한 평지가 한정되어 있다. 이러한 상황에 중부산림지대로 옮겨진 수도 네피도와 이 지역의 집중적인 개발은 이 지역 산림의 전환을 가속화할 가능성이 크다.

본 연구는 미얀마의 급격하게 성장 중인 수도 네피도를 대상으로 신도시건설로 인한 토지피복변화 분석 및 산림파편화 문제를 진단한 것이다. 대상 지역의 시계열적인 토지피복 현황을 알 수 있는 자료가 전무하였기 때문에 위성영상을 이용하여 광역단위인 야메틴지역과 수도 네피도 주변 범위를 대상으로 토지피복지도를 구축하여 시계열적으로 비교하였다. 야메틴지역과 네피도지역 모두에서 산림면적은 1999년부터 2012년까지 지속적으로 감소하는 것으로 확인되었다. 두 범위의 면적의 차이를 고려했을 때, 야메틴 지역의 산림면적의 감소는 주로 네피도지역의 산림감소 때문인 것으로 나타났는데 이는 2005년 이후 도시개발로 인한 대규모 토지이용 전환 및 산림파편화가 네피도 내에서 집중적으로 일어났음을 나타내었다. 또한 네피도지역의 토지피복분석을 통해, 네피도를 관통하는 고속도로 및 도로의 건설, 산림인접지역의 지속적인 택지개발 등

을 확인함으로써 앞으로 도로 주변으로 도시가 확장되면서 주변지역으로 연쇄적인 토지피복변화 및 산림파편화가 일어날 수 있는 여지가 있다고 판단할 수 있다. 또한 이 지역은 중부 바고산(Bago Yoma)의 북부가장자리에 위치하며, 바고산의 북쪽은 산지가 없는 미얀마 최대의 중부건조지대로서 점토와 사토로 이루어진 토양의 특성상 물에 대한 의존도가 자연강수에 매우 높다(WFP, 2011). 또한 일부 연구에서는 네피도 지역을 중부건조지대에 포함시키기도 하므로 지속적인 네피도 지역의 산림유실은 중부건조지대의 확산으로 이어질 우려가 있다.

야메틴지역 산림패치의 파편화분석을 시행한 결과 산림패치의 가장자리면적, 가장자리밀도, 평균 형태지수가 증가하였으며, 총핵심지역 면적은 감소하였다. 이는 산림이 농경지, 도시지역에 의해 점점 토지피복이 변화하고 있으며 산림파편화에 의해 산림의 질과 기능이 감소할 수도 있음을 시사하고 있다. 특히 Bago Yoma 2 패치는 도시의 발달에 따라 임도형성 및 택지개발로 급격하게 산림이 훼손되고 있으므로 기존의 산지로서의 기능을 잃어버릴 위험이 가장 크다. 또한 이 연구에서 주의할 점은, 분석에서 도출된 미얀마의 산림은 거대한 산림패치들로서 구성되어 있기 때문에, 이 연구에서 사용된 산림패치는 하나의 독립적인 산림패치라고 보기 어렵다. 그러나 일정 대상지에 대한 산림파편화분석을 하는 많은 연구들이 연구대상지의 행정경계, 유역단위 등을 사용하고 있는 것을 확인하였다(김상욱 · 박종화, 2001; 허성구 등, 2007; Tang *et al.*, 2012).

그러나 파편화분석에 이용된 경관지수는 경관생태학의 개념을 응용한 이론에 입각한 분석이라는 점 때문에 패치의 질과 기능을 평가하지 못하는 한계점이 존재하며(Kupfer, 2012), 현장검증이 수반되지 않은 연구라는 측면에서 정확도검증 및 산림질 확인이 불가능한 한계점이 존재한다. 따라서 본 연구를 기초자료로 하여 현 산림패치의 질과 기능을 판단할 수 있는 추후 연구가 필요할 것이다.

앞으로 여러 기초 연구를 근거로 개발지 입지타당성이나 개발규모 산정이 가능하며 동시에 환경계획적 측면, 수자원관리계획 측면에서 산림보전

계획 수립을 제안할 수 있다. 결과적으로 관련 정부 주도의 산림환경 보호 계획이나 무분별한 도시팽창 등을 억제할 수 있는 광역계획이 필요할 것이며, 동시에 더 작은 범위를 대상으로 토지이용변화 뿐 아니라 새 차도나 임도 건설을 고려한 산림파편화 분석, 나아가 가장자리지역의 산림질 평가에 대한 분석이 필요할 것이다.

사 사

본 연구는 2012년도 환경부 차세대 에코이노베이션 기술 개발사업(과제번호 : 416-111-014)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 공영호, 윤양, 강미랑, 유리, 2012, 해외산림투자 실무가이드:미얀마, 산림청 녹색사업단
- 김광래 · 이종성, 1998, 원격탐사자료를 이용한 서울시 토지피복의 시계열 변화량 추출, 대한 국토 · 도시계획학회 33(3), 363-374.
- 김상욱 · 박종화, 2001, 북한 도시지역의 산림파편화 변화조사, 환경영향평가 10(1), 39-47.
- 김은영, 송원경, 이동근, 2012, 산림파편화에 대한 국내외 연구동향, 한국환경복원기술학회 15(2), 149-159.
- 양승운, 2005, 미얀마, 한국외국어대학교출판부
- 이우성, 박경훈, 김동필, 2008, 등산로 개설에 의한 산림의 경관생태학적 영향 분석, 한국환경생태학회지 22(2), 128-137.
- 허성구, 김기성, 안재훈, 윤정숙, 임경재, 최중대, 신용철, 유창원, 2007, FRAGSTAT 모형을 이용한 도암댐 유역의 산림 파편화 분석, 한국지리정보학회지 10(1), 10-21.
- 홍창희 · 박종화, 2009, 고해상도 영상자료 및 객체 지향분류기법을 이용한 식생분류 정확도 향상방안 연구, 한국환경영향평가학회 18(6), 387-392.
- Hlaing, Z. C., 2012, The Growth of Teak(Tectona

- grandis Linn.f) in different aged plantations in Bago Yoma Range, Myanmar, 서울대학교 산림과학부 석사학위논문.
- Kupfer, J. A., 2012, Landscape ecology and biogeography: Rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape, Progress in Physical Geography (published online 2 April 2012).
- Marshall Cavendish Corporation, 2007, World and Its Peoples: Eastern and Southern Asia. Marshall Cavendish. p. 650.
- Maung, T. M., and Yamamoto, M., 2008, Exploring the Socio-Economic Situation of Plantation Villagers: A Case Study in Myanmar Bago Yoma, Small-scale Forestry 7, 29-48.
- McGarigal, K. and Marks, B. J., 1995, FRAGSTAT: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure.
- MEA(Millennium Ecosystem Assessment), 2005, Ecosystems and Human Well-being: Multiscale Assessment, Millennium Ecosystem Assessment Series, 4, Washington, DC(Island Press), Google Books.
- Pham, H. M. and Yamaguchi, Y., 2011, Urban growth and change analysis using remote sensing and spatial metrics from 1975 to 2003 for Hanoi, Vietnam, International Journal of Remote Sensing 32(7), 1901-1915.
- Seekins, D. M., 2009, 'Runaway chickens' and Myanmar identity, *City: analysis of urban trends, culture, theory, policy, action*, 13:1, 63-70
- Songer, M. Aung, M. Senior, B. DeFries, R. Leimgruber, P., 2009, Spatial and temporal deforestation dynamics in protected and unprotected dry forests: a case study from Myanmar (Burma), Biodiversity Conservation 18, 1001-1018.
- Steinberg, D. I., 2009, Burma/Myanmar: What everyone needs to know, Oxford University Press(장준영 역, 2011, 버마/미얀마: 모두가 알아야 할 사실들, 높이깊이, pp. 191-195)
- Stibig, H-J. Beuchle, R. and Achard, F., 2003, Mapping of the tropical forest cover of insular Southeast Asia from SPOT4-Vegetation images, Int. J. Remote Sens 24 (18), 3651-3662.
- Tang, J. Bu, K. Yang, J. Zhang, S. Chang, L., 2012, Multitemporal analysis of forest fragmentation in the upstream region of the Nenjiang River Basin, Northeast China, Ecological Indicators 23, 597-607.
- UNEP, 2009, Vital forest graphics.
- WFP, 2011, Food security assessment in the dry zone Myanmar.
- CIA Factbook "https://www.cia.gov" (2013.1.28)
- CNN news (2011) "six of world's 10 fastest-growing cities in China" "http://edition.cnn.com/2011/WORLD/asiapcf/10/31/population.fastest.growing.cities/index.html" (2013.1.28)
- CNN news (2013) "From Burma to Myanmar: Land of rising expectations" "http://edition.cnn.com/2013/01/02/opinion/myanmar-khanna/index.html" (2013.1.28)
- USGS site "http://glovis.usgs.gov" (2013.1.28)
- Wikipedia Naypyidaw "http://en.wikipedia.org/wiki/Naypyidaw" (2013. 1.28)